

# Trajectory Planning

## Bang-Bang-Control

Mein Name

3. Juni 2021

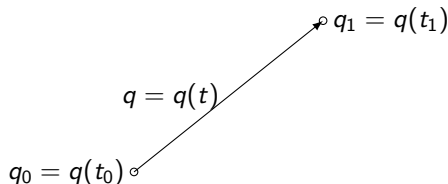
# 1 Trajectory Planning

## 2 Notation

## 3 Bang-Bang-Control

## 4 Quellen

# Trajectory Planning I



Wir müssen hier unterscheiden zwischen:

- der Beschreibung der Position der Aktoren
- und der Beschreibung der Lage des Effektors (Werkzeugs)
  - diese wird auch als Pose bezeichnet und kann durch 3 Positionsangaben (wie x,y,z) und 3 Drehwinkel (wie a,b,c) bezogen auf ein Bezugskoordinatensystem beschrieben werden
  - sie beschreibt eine Bahn im Raum

**Einschränkung:** zunächst nur die Position der Aktoren

# Trajectory Planning I

**Aufgabe:** Beziehung zwischen Zeit und Position finden

**Synonyme:** Path Planning, Motion Planning

Unterscheidung hier:

- Geometrie (Path): Position der Akteure ohne Zeitinformation
- Trajektorie (Trajectory): Position, Geschwindigkeit, Beschleunigung und Ruck als Funktion über die Zeit

## Vereinfachung

- Eindimensionale Trajektorie:  $q = q(t)$   
Definiert durch eine Skalar-Funktion
- Mehrdimensionale Trajektorie:  $\mathbf{p} = \mathbf{p}(t)$   
Definiert durch eine Vektor-Funktion

**Einschränkung:** zunächst nur eindimensionale Trajektorien

# Trajectory Planning I

$q_0$ : Startposition

$q_1$ : Zielposition

$$q_0 = q(t_0) \circ \xrightarrow{q = q(t)} \circ q_1 = q(t_1)$$

# Notation I

Position

$$q(t) \quad (1)$$

Geschwindigkeit (Velocity)

$$v(t) = \dot{q}(t) = \frac{d}{dt}q(t) \quad (2)$$

Beschleunigung (Acceleration)

$$a(t) = \dot{v}(t) = \frac{d}{dt}v(t) = \ddot{q}(t) = \frac{d^2}{dt^2}q(t) \quad (3)$$

Ruck (Jerk)

$$j(t) = \dot{a}(t) = \frac{d}{dt}a(t) = \ddot{v}(t) = \frac{d^2}{dt^2}v(t) = q^{(3)}(t) = \frac{d^3}{dt^3}q(t) \quad (4)$$

# Bang-Bang-Control I

**Prozess:** Positionierung

**Aufgabe:** Positionieren in möglichst kurzer Zeit

**Ansatz:** Höchstmögliches ausreizen der limitierende(n) Größe(n)

**Grenzen:** Limitierende Größen (Constraints) ergeben sich

- durch den Motor
  - über die Höchstdrehzahl wird  $v_{max}$  festgelegt
  - über das Drehmoment wird  $a_{max}$  festgelegt
- durch die Dynamik des mechanischen Systems
  - über Steifigkeit/Nachgiebigkeit wird  $j_{max}$  festgelegt
- durch die Geometrie wird festgelegt, ob  $j_{max}$ ,  $a_{max}$  und  $v_{max}$  überhaupt erreicht werden können
  - da **hier** nur eindimensionale Trajektorien betrachtet werden, ist nur die **Weglänge** der begrenzende Faktor
  - bei mehrdimensionalen Trajektorien ist die Krümmung ein weiterer begrenzender Faktor

Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit



# Quellen I

Nachfolgend werden die Quellen der Bilder angegeben, die für diese Präsentation in ihrer ursprünglichen Form oder modifiziert verwendet worden sind.



Sami Kara, Stefania Pellegrinelli, Stefano Borgia, Nicola Pedrocchi, Enrico Villagrossi, Giacomo Bianchi, and Lorenzo Molinari Tosatti.

The 22nd cirp conference on life cycle engineering minimization of the energy consumption in motion planning for single-robot tasks.

*Procedia CIRP*, 29:354 – 359, 2015.

URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827115004886>,

doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.174>.

## Quellen II



Pierre Bonami, Alberto Olivares, and Ernesto Staffetti.  
Energy-optimal multi-goal motion planning for planar robot manipulators.

*Journal of Optimization Theory and Applications*, 163(1):80–104, 2014.

URL: <http://dx.doi.org/10.1007/s10957-013-0516-0>,  
doi:10.1007/s10957-013-0516-0.



Bekanntmachung Digitale Technologien für die Wirtschaft (PAiCE), 2015.

URL: <http://bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/paice-digitale-technologien-fuer-die-wirtschaft-bekanntmachung-property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>.

## Quellen III



Handlungsfelder, 2016.

URL: [https://www.vdi.de/fileadmin/vdi\\_de/redakteur\\_dateien/gpl\\_dateien/6242\\_PUB\\_GPL\\_Handlungsfelder\\_-\\_Additive\\_Fertigungsverfahren\\_Internet.pdf](https://www.vdi.de/fileadmin/vdi_de/redakteur_dateien/gpl_dateien/6242_PUB_GPL_Handlungsfelder_-_Additive_Fertigungsverfahren_Internet.pdf).



Peter Hehenberger.

*Computerunterstützte Fertigung: Eine kompakte Einführung.*  
Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011.



Sebastian Sindermann.

*Schnittstellen und Datenaustauschformate.*

Springer Berlin Heidelberg, 2014.

URL: [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43816-9\\_14](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-662-43816-9_14),  
[doi:10.1007/978-3-662-43816-9\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43816-9_14).

# Quellen IV



Les Piegl and Wayne Tiller.

*The NURBS Book.*

Springer-Verlag New York, Inc., New York, NY, USA, 2 edition,  
1997.



E Zeidler, editor.

*Springer-Taschenbuch der Mathematik.*

Springer Verlag, 3., neu bearb eitete und erweiterte Auflage edition,  
2013.



Tilo Arens et al.

*Grundwissen Mathematikstudium.*

Spektrum der Wissenschaft, 2013.